



**Escola Universitària Politècnica
de Vilanova i la Geltrú**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

“Construcción de un Microbot”

AUTORS: ELIAS BARRENA
FRANCISCO SOLER
ABIGAIL SANCHEZ YAGÜE

TITULACIÓ: INGENIERIA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

DIRECTOR: PERE PONS ASENSIO

DEPARTAMENT: ESAII

DATA: 12 de Diciembre de 2001

MINIPROJECTE

El proyecto trata sobre el diseño de un microbot Snifer, o también llamado rastreador.

En él se describe una pequeña introducción a la microbotica, y a la construcción de microbots, tanto a nivel mecanico ,como electrónico y de control.

A continuación se propone un disño de un microbot Snifer,y todos su planos de montage.

También encontramos una comparativa de diferentes tarjetas de control.

Paraules clau

PIC	SENSORES	MOTORES	
MICROCONTROLADORES	TARJETA CONTROL		

Indice:

1. Introducción

1.2 Los seis niveles de la arquitectura del microbot

2. La Arquitectura externa.

2.1 Estructura.

2.2 Motores.

2.3 Sensores.

3. Arquitectura interna.

3.1 Tarjeta de control Msx84 basada en un PIC16F84

3.2 Tarjeta de control CT6811

3.2.2 TARJETA CT293+

4. Características de otros microcontroladores.

4.1 Análisis comparativo de prestaciones

4.1.1 La familia de microcontroladores PIC de Microchip.

5. Diseño de un Snifer:

5.1 Diseño de la estructura externa.

5.2 Diseño de Software y hardware

1. Introducción.

Los microbots son dispositivos de investigación, su diseño y construcción y aplicación requieren grandes recursos económicos y humanos.

Con la llegada de los microcontroladores comienza su popularización.

Este dispositivo consiste básicamente de algunos motores que regulan el movimiento de sus ruedas y la acción de algunos actuadores, como pinzas o “manos”.

Varios sensores recogen información del estado de su entorno.

Finalmente un pequeño computador, implementado por un microcontrolador, ejecuta el programa confeccionado para la aplicación al cual se destina la máquina y regula el funcionamiento de los motores en base a la información recibida por los sensores.

Los microbots pueden realizar las siguientes tareas:

- 1 Explorar volcanes
- 2 Recoger información y materiales en las misiones espaciales extraterrestres.
- 3 Simular la vida y el comportamiento de insectos y animales.
- 4 Transportar materiales y herramientas entre puestos de fabricación.
- 5 Realizar la limpieza de viviendas, oficinas, y locales industriales
- 6 Llevar a cabo operaciones elementales en ambientes peligrosos (radioactivos, submarinos, corrosivos, etc.)
- 7 Vigilar y activar alarmas en zonas de seguridad
- 9 Disputar partidos de fútbol, golf, etc. Entre equipos de microbots

1.2 Los "seis" niveles de la arquitectura de un microbot.

Nivel 1. Lógicamente, el **nivel FÍSICO**, este nivel comprende la estructura física, las unidades motoras y las etapas de potencia. Hay que tener sumo cuidado en el diseño de este nivel ya que aunque mayoritariamente el diseño de este nivel lo único que determina es el aspecto externo, además de elegir unas piezas de calidad en las etapas de potencia y las unidades motoras, hemos de poner sumo cuidado en el aspecto estero no ya que no se trata de diseñar un robot bonito si no un robot funcional, la carcasa y demás piezas externas (claro está, en la medida de lo posible) debe estar diseñada no solo para no interferir en la tarea que se le dará al microbot si no que además a de estar optimizada para esta tarea, por ejemplo es importante que si vamos a recoger velas tengamos un gran y bien diseñado depósito y si las tenemos que soltar en un sitio determinado habra que diseñar este depósito con los materiales y formas adecuadas para que las velas se deslizen con eficiencia y rapidez fuera del depósito y poder continuar lo antes posible con nuestra tarea.

Nivel 2. **Nivel de Reaccion**, está formado por los sensores (independientemente de su naturaleza), así como los sistemas básicos para su funcionamiento, este es el nivel que dota a nuestra máquina de sentidos, el que le da información sobre el entorno en el que está situado, es muy importante ya que el robot ha de moverse en un entorno determinado, y este nivel es el que le da información de el y según esta información el robot reaccionara de una u otra forma, cuantos mas datos tengamos sobre el entorno mejor podrá reaccionar nuestra máquina ante imprevistos, y cuanto mas precisa sea esta información con más precisión podremos hacer los cálculos correspondientes y por lo tanto más precisa será la reacción aunque también hay que tener en cuenta que cálculos muy precisos relantizan el tiempo de reacción, como equilibrar esta valanza será decisión exclusiva del diseñador atendiendo a las necesidades específicas de la tarea a realizar por el microbot en cuestión.

Nivel 3. El nivel 3 es el **nivel de CONTROL**, en este nivel están los circuitos más básicos que relaccionan las salidas de los sensores con el resto de los niveles.

Este nivel tiene bastante importancia por que es el nivel que supone la interfase de comunicación entre el entorno y el resto del microbot, de nada nos sirven unos buenos sensores si la información que estos envian llega desvirtuada, corrupta a o sin toda la precisión con la que la hemos recogido, a la hora de implementar este nivel hemos de tener sumo cuidado en no perder ni un solo bit de la información recogida.

Nivel 4. Es el denominado **nivel de INTELIGENCIA** abarca el planificador a largo plazo, y es donde residen los objetivos del microbot que tienen cierta independencia de los sensores. En cierto modo cuando hablamos del nivel de inteligencia estamos hablando de software y como tal hemos de prestar atención a la algoritmia de la programación, hay que tener en cuenta que en estos aparatos estamos muy cortos de memoria y de velocidad de procesamiento y tenemos que controlar bastantes periféricos, tanto de entrada (sensores), como de salida (actuadores, servos motores, luces, sonido, etc.) por lo tanto es vital la programación de cada bit de memoria y optimizar para hacer las tareas de forma eficiente y precisa con el menor número de instrucciones posibles.

Nivel 5. **Nivel de COMUNIDAD**, este nivel se hace notar cuando ponemos en funcionamiento a más de un microbot dentro de un mismo entorno de forma simultánea, pero sin que ninguno de ellos tenga conocimiento explícito de la existencia de los otros. Con robots a este nivel y que no puedan acceder al siguiente es cuando obtenemos resultados más curiosos, ya que como un microbot determinado actúa como si estuviera solo en su entorno podemos ver algo que yo denomino superposición de algoritmos. Ver como actúan ciertos algoritmos superpuestos un número determinado de veces o varios tipos de algoritmos superpuestos nos ayuda a establecer comparativas sobre la efectividad de unos y otros (claro está, hay que utilizar siempre microbots clónicos), además de que los resultados obtenidos nos ayudarán a la hora de estudiar la forma de implementar el siguiente nivel en la programación de la forma de actuar de forma cooperativa.

Nivel 6. El denominado **nivel de COOPERACIÓN**, comprende los sistemas en los cuales, a partir de un nivel de comunidad, se planifican o programan para que tengan conocimiento sobre la existencia de otros microbots, y de esta forma darles la capacidad de cooperar para que la tarea asignada se ejecute de forma eficiente y precisa.

2. La Arquitectura externa.

Los microbots son robots móviles cuyo control esta basado en el programa grabado en un microcontrolador.

Debemos destacar en su estructura la parte mecánica donde encontramos los motores que proporcionan el movimiento en las ruedas y el conjunto de sensores que da la información a la tarjeta controladora para el movimiento de los motores.

Para explicar la arquitectura externa de los microbots hemos tomado como ejemplo ,un modelo comercializado por Microsystem Engineering en concreto el Picbot y su variedad el Picbot2.

picbot2

rug warrior



picbot

2.1. Estructura:

Básicamente todos los microbots podemos encontrarlos en packs. Las casas Mecano y Lego proporcionan en su mayor parte las piezas para su montaje los motores y sensores e incluso la tarjeta controladora va incluida en estos packs. Por otra parte existe la posibilidad de diseñar una máquina a tu medida, entonces normalmente su constructor elabora dicha arquitectura según su imaginación, en estos casos no se suele utilizar piezas de mecano ni Lego.

La diferencia principal entre ambos modelos nos viene dada por su estructura externa, mientras el Picbot está construido a partir de las piezas de un mecano, el Picbot2 se basa en un kit de placas de metracilato que se unen mediante una tornillería específica.

Dado que la construcción del Picbot 2 es mucho más sencilla que la del Picbot, nos centraremos en la de este último, siempre teniendo en cuenta que la aplicación y montaje de sensores y motores se hace del mismo modo en ambos microbots.



Mecano



Lego

2.2. Motores:

Son los elementos motrices de los microbots ,son aquellos dispositivos que producen el movimiento de las articulaciones de estos .La elección de motores eléctricos se caracteriza por la facilidad de realizar un control riguroso del movimiento.

La posibilidad de su fácil alimentación unido al funcionamiento limpio y seguro hacen de ellos los motores mas utilizados.

Los motores de corriente continua producen un par casi proporcional al voltaje de la entrada, lo que les confiere una precisa regulación. Pero este tipo de motores requieren captadores que informen al sistema de control sobre la posición del eje en cada instante, normalmente utilizamos detectores ópticos.

Dependerá del tipo de microbot que utilicemos la elección del motor y el número de estos , por ejemplo una hormiga articulada tendrá uno por articulación. En el caso de el Pictbot tendremos:

Para el movimiento de las ruedas motrices , dos potentes y precisos motores de continua , en concreto son dos servomotores Futaba modelo S3003.

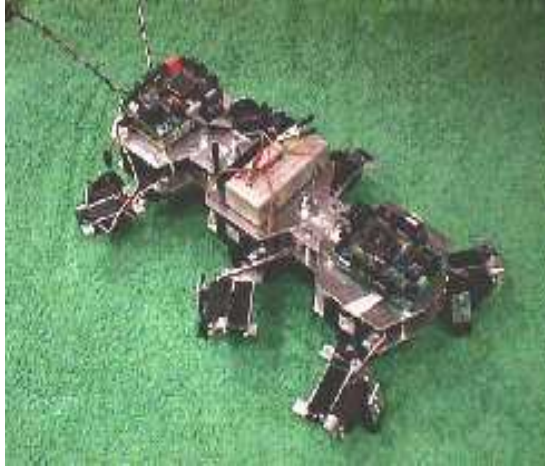
Este motor es un paso a paso de 48 pasos por vuelta y alimentación de 12V.



La elección de estos motores la resumimos a continuación:

- . Fácil localización en el mercado.
- . Buen par fuerza y estabilidad en la velocidad.
- . Respuesta casi inmediata a la señal de control, evita movimientos no deseados.

. Por su tamaño, fácil montaje.



. Reducido peso.
. Eje de aplicación dentado de 6mm , fácil acoplamiento.

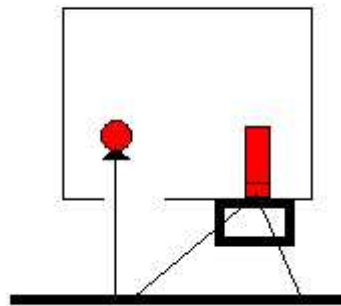
Este modelo también tiene algunos inconvenientes:

. Precio elevado respecto un motor convencional.
. Giro menor de 120°.
. Incluye en su interior una sección de control que no utilizamos.

2.3 Sensores:

Suelen utilizarse sensores ópticos de rayos infrarrojos que asociados al correspondiente circuito electrónico proporcionan diferentes niveles de tensión lógicos “0” y “1” en función del color que detecten (blanco o negro), pudiendo contar o descontar pulsos partiendo de una posición inicial.

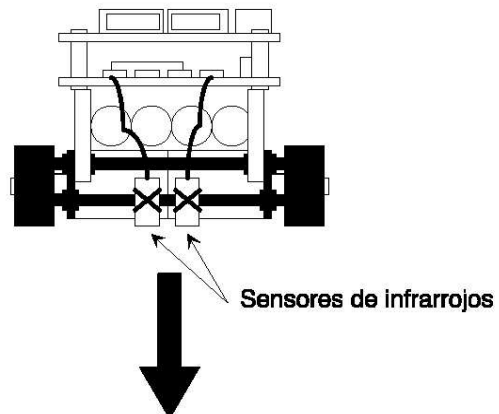
Pudiendo saber la posición del microbot en cada momento.



También se pueden colocar un sensor opcional, óptico próximo a una de las ruedas por la parte interna para detectar el número de vueltas que da la rueda, y poder determinar el desplazamiento del microbot.

Los Picbot básicos vienen provistos de dos tipos de sensores. Los infrarrojos y los mecánicos de contacto. En total el kit está provisto de 3 sensores 3 optoelectrónicos de infrarrojos de reflexión CNY70, 2 sensores infrarrojos de corte H21A1 y 2 electromecánicos (bumper).

Se propone la colocación de 2 sensores de tipo reflexión en la parte delantera, que detecten las variaciones entre blanco y negro, para que la máquina pueda seguir un recorrido. Se recomienda que ambos sensores estén alineados entre sí y queden a unos 3 mm de altura respecto al suelo.



SENTIDO MARCHA

Como sensores opcionales podemos colocar:

.Un sensor óptico de reflexión próximo a la rueda izquierda por la parte interna de la estructura para que nos permita determinar y controlar el desplazamiento del robot.

.Dos sensores tipo Bumper en el frontal, estos sensores mecánicos nos permiten detectar obstáculos en la trayectoria de la maquina.

3.ARQUITECTURA INTERNA.

La arquitectura interna de un microrobot esta formada normalmente por una tarjeta de control y el cableado de esta hacia los sensores y servos.

La tarjeta de control se encargará de controlar el *comportamiento* del microrobot mediante la ejecución del programa(software) programado normalmente en un microcontrolador.

La tarjeta de control a utilizar en cada diseño de microrobot, dependerá de la tarea a realizar por el microrobot, constitución física del microrobot y medio en el que va a trabajar entre otros.

Si bien no podemos hablar de un único tipo de tarjetas de control, pues existen tantas como tipos de microrobots podamos encontrar o inventar, si podemos hablar de dos filosofías muy diferenciadas en lo que al hardware de las tarjetas de control se refiere; así podemos diferenciar entre las tarjetas de control con lo que se denomina Hardware Abierto y las tarjetas de control que carecen de este Hardware Abierto.

Que una tarjeta de control posea lo que se denomina Hardware Abierto quiere decir que está basada en una arquitectura modular con el fin de ganar flexibilidad a la hora de adecuar el sistema hacia uno u otro tipo de proyecto (sistema de control o robot).

La característica de conexión en torre y su licencia de Hardware Abierto posibilita la rápida expansión del sistema con otro tipo de tarjetas comerciales o de construcción propia.

Las tarjetas de control con Hardware Abierto ofrecen mediante conectores externos la gran mayoría de los pines de los componentes que la forman con el propósito de que sea factible la interconexión de sistemas periféricos.

Frente a las tarjetas de Hardware Abierto encontramos lo que podríamos denominar como *tarjetas convencionales*, es decir aquellas tarjetas sobre las que no podemos interactuar en su arquitectura externa y diseñadas para una/s aplicaciones específicas, cuya única modularidad se limita a la elección del tipo de servo o sensor y al software que cargo en el microcontrolador para realizar una tarea u otra.

Como ejemplo de tarjeta de Hardware Abierto tenemos la CT6811 basada en el microcontrolador de Motorola MC68HC11, de la familia de tarjetas CT basadas en microcontroladores Motorola.

Frente a las tarjetas de control con Hardware Abierto como la CT6811 encontramos el otro tipo de tarjetas como la Msx84 basada en un microcontrolador Pic de Microchip como es el PIC16F84.

3.1 Tarjeta de control Msx84 basada en un PIC16F84

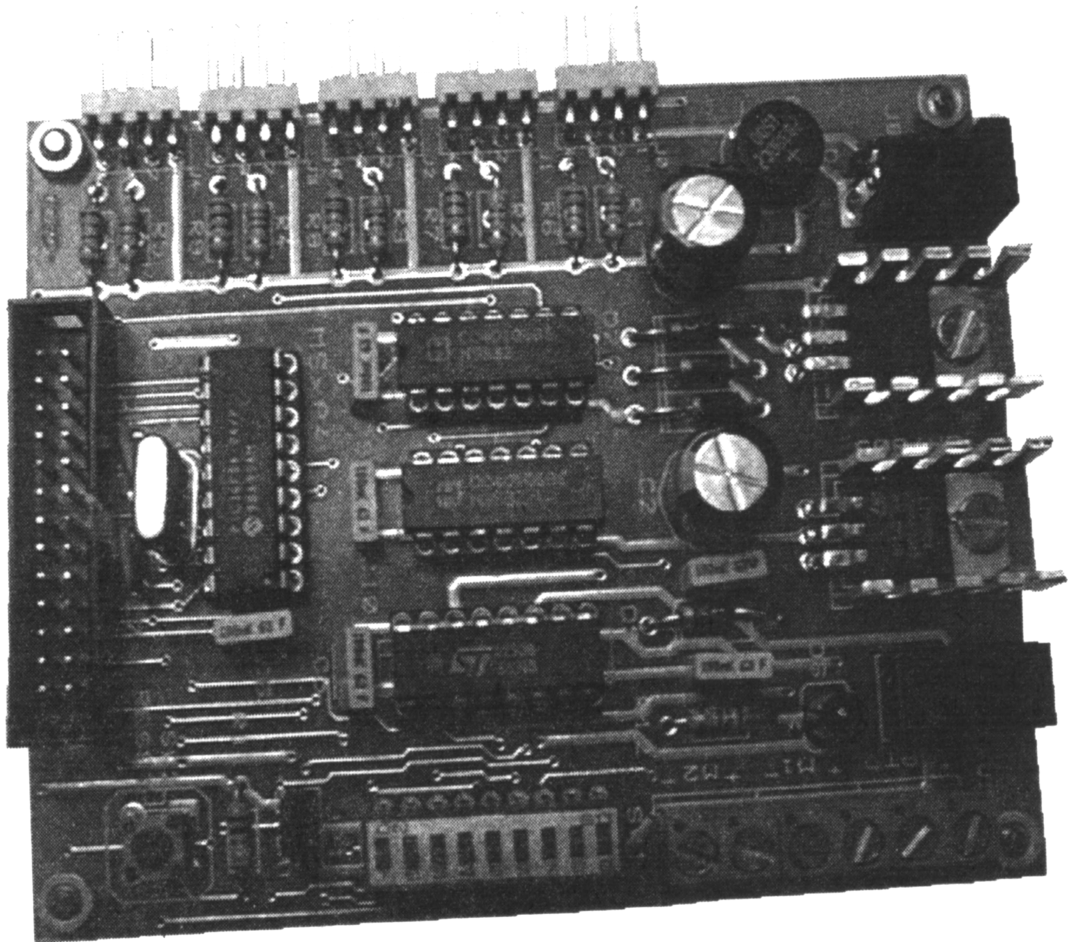
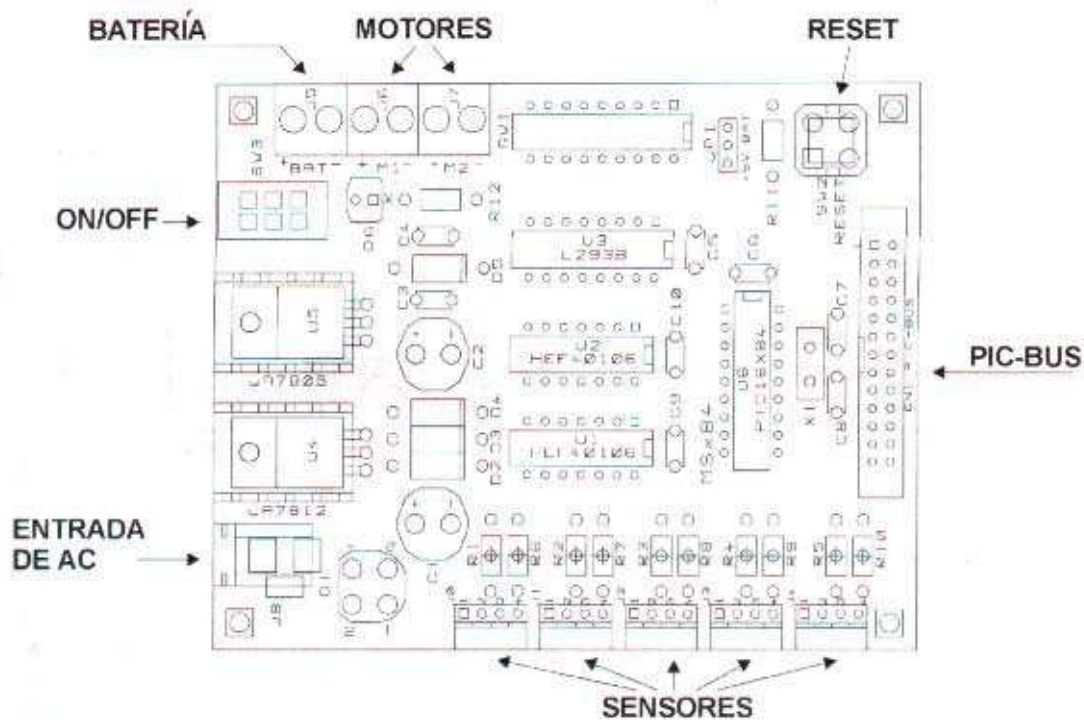


Figura1. Fotografía de la tarjeta de control Msx84

En esta placa basada en un PIC de Microchip el PIC16F84 encontramos integrados 4 bloques diferenciados como son: fuente de alimentación, circuitería del conexionado del PIC16F84, entradas de los sensores y circuito de gobierno de los 2 motores externos o uno PAP.

Es una tarjeta de control ideada específicamente para el control de microbots y su manejo resulta relativamente sencillo, ideal para iniciarse en la construcción de microbots con unos conocimientos básicos de electrónica, pues el constructor de un microbot con esta tarjeta lo único que deberá decidir es el programa a cargar en el PIC (que será lo que determine la potencia de ejecución final del microbot) y los tipos de servos a colocar, pues esta tarjeta al no disponer de Hardware Abierto las modificaciones en cuanto a la estructura interna de la propia placa no son posibles, así las salidas y entradas a esta tarjeta no son ampliables, debemos utilizar las que vienen en la propia configuración.

En el Anexo I disponemos de una amplia información de toda la circuitería interna de la placa de control Msx84, con esquemas detallados de la fuente de alimentación interna integrada en la propia placa, la circuitería de control para el control de los motores DC, el conexionado del PIC16F84 y todos los elementos que la componen.

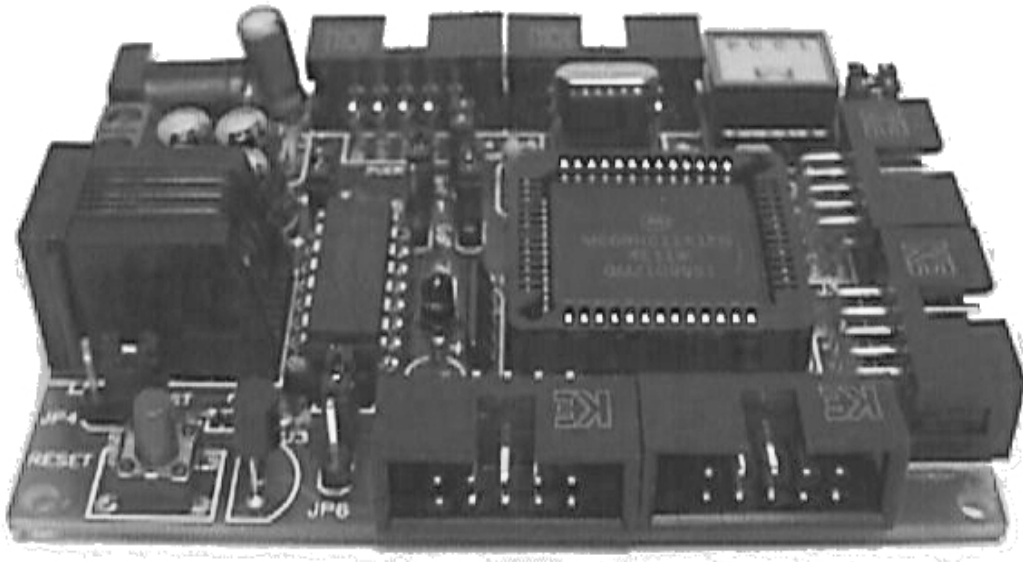


Situación de los componentes en la placa Msx84

Las características más relevantes de esta tarjeta son:

- 1) Alimentación con 15VAC mediante transformador, o bien, con baterías de 6, 9 ó 12V.
- 2) Esta prevista la alimentación con una batería de plomo recargable de 12V.
- 3) Circuito de carga para baterías de 12V en la propia tarjeta.
- 4) Circuitos de rectificación, filtrado y estabilización implementados en la propia placa.
- 5) Zócalo para el PIC16F84 con oscilador y pulsador de RESET.
- 6) 5 entradas de sensor (J0-J4)
- 7) Driver para accionamiento de dos motores DC o uno PAP.

3.2 Tarjeta de control CT6811



Fotografía de la tarjeta de control CT6811 basada en el Microcontrolador de motorola MCH6811

La familia de tarjetas de desarrollo CT está basada en una arquitectura modular con el fin de ganar flexibilidad a la hora de adecuar el sistema hacia uno u otro tipo de proyecto (sistema de control o robot).

La característica de conexión en torre y su licencia de Hardware Abierto posibilita la rápida expansión del sistema con otro tipo de tarjetas comerciales o de construcción propia.

Es importante destacar que todas las tarjetas de la familia CT ofrecen mediante conectores externos la gran mayoría de los pines de los componentes que la forman (más del 98%) con el propósito de que sea factible la interconexión de sistemas periféricos.

Gracias a la arquitectura interna de las tarjetas es posible utilizar solamente un submódulo de la misma. Ejemplo de ello es utilizar solamente el MC68HC11 de la CT6811 y saltarse el MAX232, etc.

La arquitectura de la tarjeta CT6811 está basada en la familia del microcontrolador de 8 bits MC68HC11 de Motorola.

Con la tarjeta de control CT6811 disponemos de un sistema microcontrolador de bajo coste, pudiendo servir para el desarrollo de aplicaciones hardware (modo entrenador) o directamente como sistema final (modo autónomo).

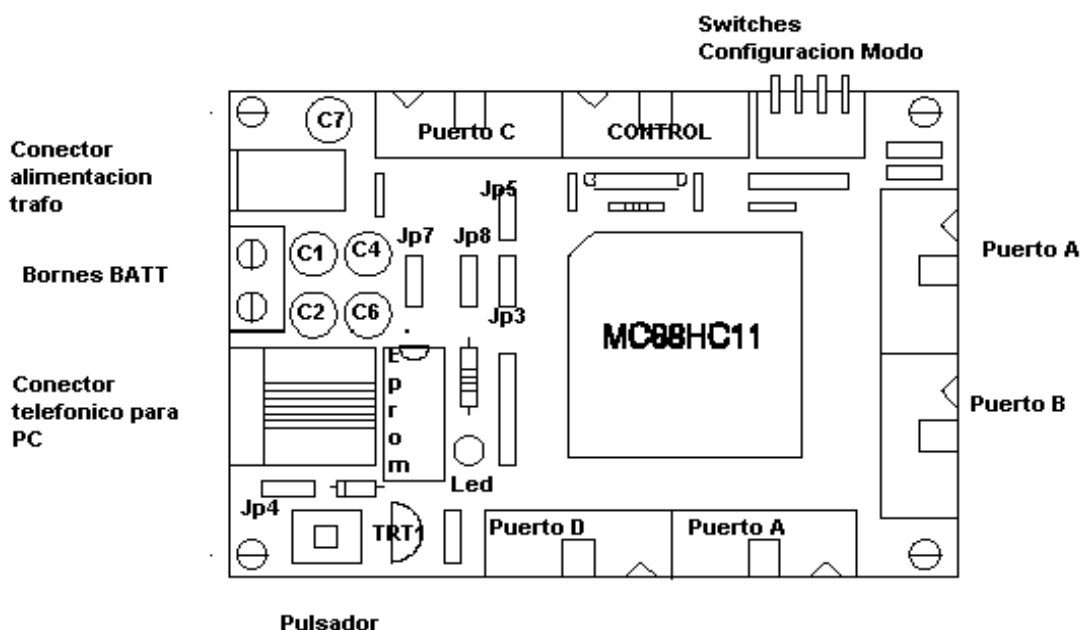
Esta particularidad hace que la CT6811 sea dos productos en uno, pudiendo entrenar las aplicaciones en el mismo sistema final.

La forma de utilización de la tarjeta CT6811 es programarla primero desde el PC, pudiendo utilizar el software que se entrega o cualquier otro del mercado, y posteriormente grabar el programa en la EEPROM para obtener un funcionamiento autónomo.

Otra posibilidad es utilizarla como periférico inteligente del PC. En este caso se desarrolla un programa en el PC que intercambia datos constantemente con un servidor residente en la CT6811, de forma que se pueden crear sistemas de alarmas, monitorización de sensores, control válvulas, etc...

Para utilizarla en modo autónomo para la construcción de microbots que es el caso que nos ocupa la tarjeta de control CT 6811 se complementa con la tarjeta CT293+ que será la que nos proporciona los circuitos eléctricos necesarios para controlar servomotores y leer el estado de los sensores.

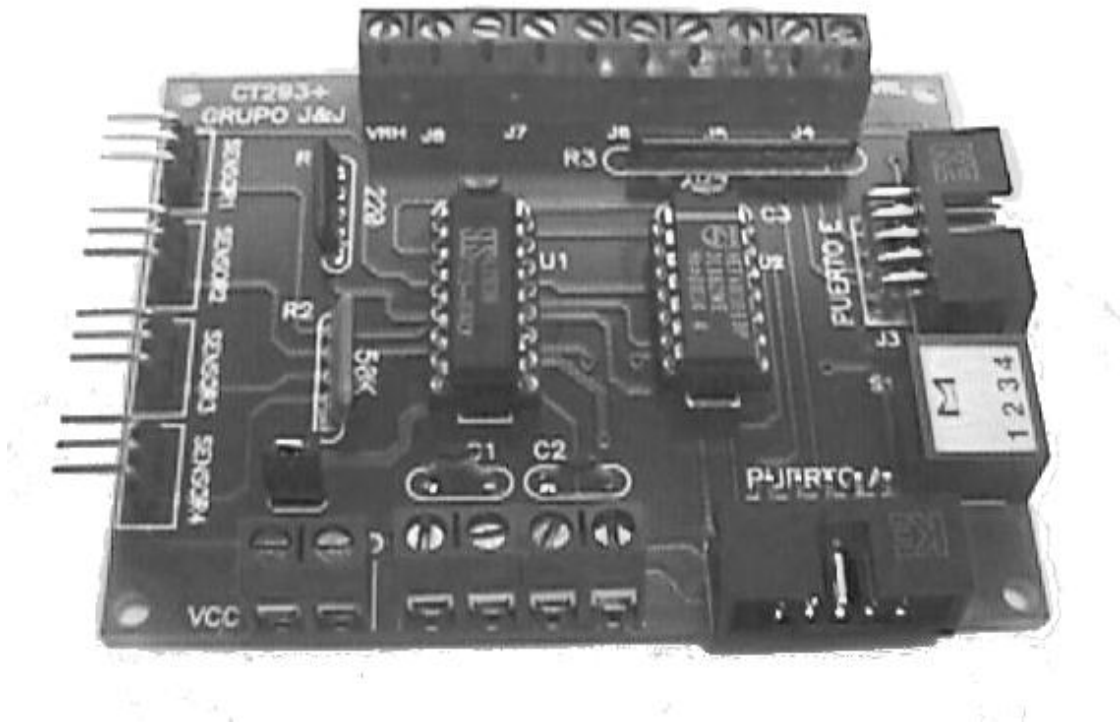
En el Anexo I disponemos de una amplia información de toda la circuitería interna de la placa de control CT6811, con esquemas detallados y un completo manual del usuario, así como su conexión a la tarjeta de control CT293+ para la construcción de Microbots.



Las principales características de la tarjeta son:

- 1) Adaptación de los niveles del puerto serie asíncrono para lograr la compatibilidad con la norma RS232c permitiendo la conexión directa con una alta gama de dispositivos (Pcs, calculadoras, etc...).
- 2) Circuito de reloj configurado a alta velocidad.
- 3) Interruptores para la selección dinámica del modo de arranque.
- 4) Interruptores para el control de dos líneas externas al sistema.
- 5) Realización del reset tanto por software como por hardware.
- 6) Jumpers para la configuración de un pulsador y un led piloto para la generación y depuración de aplicaciones.
- 7) Jumper para efectuar autoarranque.
- 8) Configuración de los niveles del A/D en la propia tarjeta.
- 9) Incorporación del dispositivo LVI para la protección de las memorias EEPROM.
- 10) Alimentación única tanto por clemas como por conector tipo Jack.
- 11) Conectores externos tipo Bus normalizado, dando a los mismos autonomía propia.
- 12) Conector del tipo RJ11 para la transmisión de datos con el PC o similar.
- 13) Necesidad de la tarjeta CT293+ para la construcción de microbots.

3.2.2 TARJETA CT293+

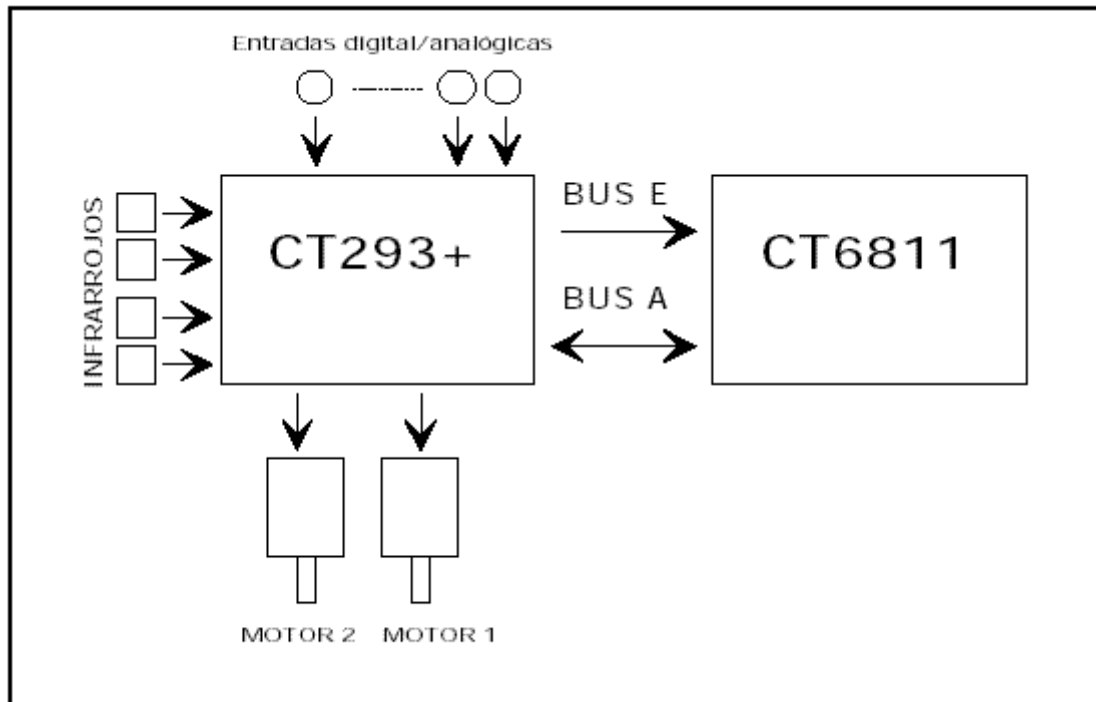


Fotografía de la tarjeta CT293+ para complementar la CT6811 basada en el Microcontrolador de motorola MCH6811

La CT293+ es una tarjeta que proporciona al sistema Tower la posibilidad de controlar motores y sensores. Esta diseñada para adaptarse perfectamente a la CT6811 y poder controlarla sin ninguna variación tanto en Bootstrap como en Single Chip.

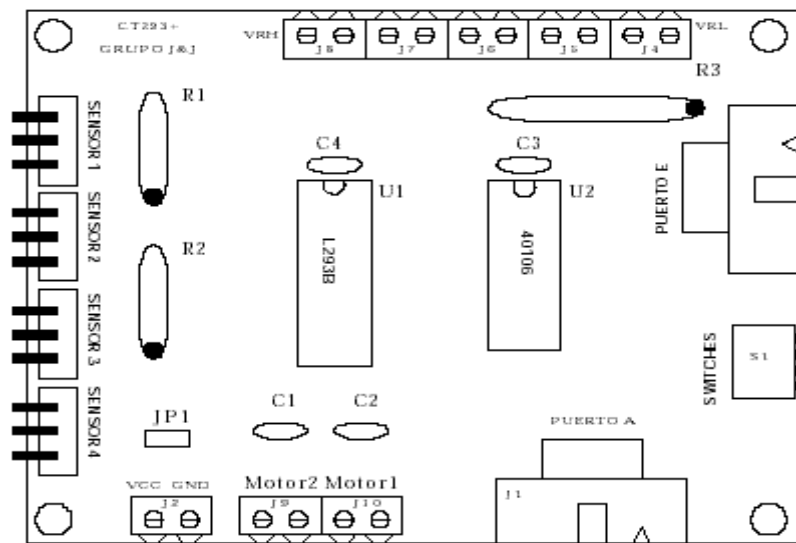
La tarjeta también puede controlarse desde otro sistema por ejemplo el puerto paralelo de un PC. Esta tarjeta es la versión mejorada de la CT293, pero se ha respetado la compatibilidad.

La CT293+ es el soporte principal de los dos primeros niveles de la torre BOT, con ella se proporciona el movimiento a los sistemas de control y la capacidad de analizar el entorno. Con esta placa y con la CT6811 se puede obtener la plataforma de un microbot.



Utilización de la tarjeta CT293+ con la CT6811 como soporte de un Microbot

En la figura anterior se representa el diagrama de bloques del hardware de un microbot la tarjeta CT6811 es el sistema microcontrolador usado para la programación y la tarjeta CT293+ es la interfaz entre la tarjeta anterior y los recursos externos (motores, sensores, entadas digitales y entradas analógicas)



Situación de los componentes en la placa CT293+

Las características de la tarjeta CT293+ se pueden resumir en:

- 1) Posibilidad de control de dos motores de continua o uno paso_paso.
- 2) Capacidad para leer cuatro sensores de infrarrojos, pudiendo ser estos optoacopladores.
- 3) Disponibilidad de 8 entradas digitales de propósito general con la posibilidad de usarlas como entradas analógicas.
- 4) Conexión de los elementos externos con clemas.
- 5) Alimentación de los motores externa o interna.

4. Características de otros microcontroladores.

Altair.

Altair es el nombre genérico de una familia de microcontroladores de propósito general compatibles con la familia 51. Todos ellos son programables directamente desde un equipo PC mediante lenguaje macroensamblador, o bien mediante otros lenguajes disponibles para la familia 51 (Basic, C, etc.).

Los microcontroladores Altair disponen de un microprocesador de 8 bits 100% compatible a nivel de código, 256 bytes de memoria interna, 128 registros especiales de función, puertos de entrada/salida de propósito general, 111 instrucciones y posibilidad de direccionar 128 Kbytes.

Existen distintos modelos dependiendo de la velocidad de ejecución, del número de E/S o de los periféricos de los que dispongan (DAC, ADC, *Watchdog*, PWM, etc.). La elección de un modelo u otro dependerá de las necesidades.

Como entrenador o sistema de iniciación existen varios modelos, entre los que destacan el Altair 32 Básico o bien el Altair 535A completo. Para proyectos avanzados o desarrollos profesionales, el Altair 537 A.

Intel.

El 8051 es el primer microcontrolador de la familia introducido por Intel Corporation. La familia 8051 de microcontroladores son controladores de 8 bits capaces de direccionar hasta 64 Kbytes de memoria de programa y una separada memoria de datos de 64 Kbytes.

El 8031 (la versión sin ROM interna del 8051, siendo esta la única diferencia) tiene 128 bytes de RAM interna (el 8032 tiene RAM interna de 256 bytes y un temporizador adicional). El 8031 tiene dos temporizadores/contadores, un puerto serie, cuatro puertos de entrada/salida paralelas de propósito general (P0, P1, P2 y P3) y una lógica de control de interrupción con cinco fuentes de interrupciones. Al lado de la RAM interna, el 8031 tiene varios registros de funciones especiales (SFR) que son para el control y registros de datos. Los SFR también incluyen el registro acumulador, el registro B, y el registro o palabra de estado de programa (PSW), que contiene los flags de la CPU.

La ROM interna del 8051 y el 8052 no pueden ser programados por el usuario. El usuario debe suministrar el programa al fabricante, y el fabricante programa los microcontroladores durante la producción. Debido a costos, la opción de la ROM programado por el fabricante no es económica para producción de pequeñas cantidades.

El 8751 y el 8752 son las versiones EPROM del 8051 y el 8052. Estos pueden ser programados por los usuarios.

Durante la década pasada muchos fabricantes introdujeron miembros mejorados del microcontrolador 8051. Las mejoras incluyen más memoria, más puertos, convertidores analógico-digital, más temporizadores, más fuentes de interrupción, Watchdog, y subsistemas de comunicación en red. Todos los microcontroladores de la familia usan el mismo conjunto de instrucciones, el

MCS-51. Las características mejoradas son programadas y controladas por SFR adicionales.

Siemens.

El Siemens SAB80C515 es un miembro mejorado de la familia 8051 de microcontroladores. El 80C515 es de tecnología CMOS que típicamente reduce los requerimientos de energía. Las características que tiene frente al 8051 son más puertos, un versátil convertidor analógico-digital, un segundo temporizador optimizado, un Watchdog, y modos de ahorro de energía sofisticados.

El 80C515 es completamente compatible con el 8051. Esto es, usa el mismo conjunto de instrucciones del lenguaje ensamblador MCS-51. Las nuevas facilidades del chip son controladas y monitoreadas a través de SFR adicionales.

Motorola.

El 68hc11 de Motorola, es un potente microcontrolador de 8 bits en su bus de datos, 16 bits en su bus de direcciones, con un conjunto de instrucciones que es similar a los más antiguos miembros de la familia 68xx (6801, 6805, 6809). El 68hc11 dispone internamente de memoria de programa EEPROM u OTP, memoria de datos RAM, temporizadores, convertidor A/D de 8 bits y 8 canales, generador PWM, y canales de comunicación síncrona (SPI) y asíncrona (SCI). La corriente típica que maneja es menor que 10 mA.

La CPU tiene dos acumuladores de 8 bits (A y B) que pueden ser concatenado para suministrar un acumulador doble de 16 bits (D). Dos registros índices de 16 bits están presentes (X, Y) para suministrar indexamiento para cualquier lugar dentro del mapa de memoria. El tener dos registros índices significa que el 68hc11 es muy bueno para el procesamiento de datos. Aunque es un microcontrolador de 8 bits, el 68hc11 tiene algunas instrucciones de 16 bits. También dispone de un puntero de pila de 16 bits y de instrucciones para la manipulación de la pila.

4.1 Análisis comparativo de prestaciones.

La arquitectura Harvard y la técnica de segmentación, son los principales recursos en los que se apoya el elevado rendimiento de los microcontroladores PIC, mejorando dos características que son esenciales, como la velocidad de ejecución y la eficiencia en la compactación del código.

A continuación se proporciona una comparación entre los modelos PIC16C5X a 20 Mhz, frente a los de otros importantes fabricantes.

- ❑ National COP800 a 20 Mhz.
- ❑ SGS-Thomson ST62 a 8 Mhz.
- ❑ Motorola MC68HC05 a 4,2 Mhz.
- ❑ Zilog Z86CXX a 12 Mhz.
- ❑ Intel 8048/8049 a 11 Mhz.

Resultados de la comparativa respecto al tamaño promedio que ocupa el código de los programas usados en la prueba para los diversos modelos de microcontroladores usados.

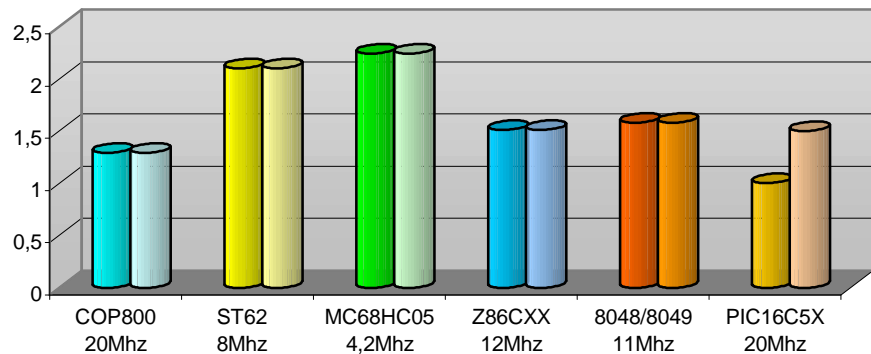


Fig. 3.1. Tamaño relativo del código.

En lo que se refiere al número de palabras en la memoria de instrucciones que emplea cada microcontrolador en contener cada programa de prueba, hay que precisar que la longitud de las palabras que contienen código en los PIC16C5X es de 12 bits por tener una memoria de instrucciones independiente, frente a 8 bits del resto de modelos. La gráfica muestra esta situación representando en color más claro, el código equivalente en el caso de considerar la memoria de programa de 8 bits en todos los modelos.

4.1.1 La familia de microcontroladores PIC de Microchip.

Los microcontroladores PIC de Microchip Technology Inc. combinan una gran calidad unida a un bajo coste y un excelente rendimiento. Un gran número de estos microcontroladores se usan en una gran cantidad de aplicaciones tan comunes como periféricos del ordenador, datos de entrada automoción de datos, sistemas de seguridad y aplicaciones en el sector de telecomunicaciones.

Existen multitud de sistemas de desarrollo amistosos como programadores, emuladores, ensambladores, linkadores, etc.

Características relevantes.

Las características más representativas de los PIC son las siguientes:

- ❑ Arquitectura del procesador tipo Harvard.
- ❑ Técnica de segmentación o *pipe-line* en la ejecución de las instrucciones.
- ❑ El formato de todas las instrucciones tiene la misma longitud.
- ❑ Procesador RISC (Computador de Juego de Instrucciones Reducido).
- ❑ Todas las instrucciones son ortogonales.
- ❑ Arquitectura basada en “banco de registros”.
- ❑ Diversidad de modelos de microcontroladores con prestaciones y recursos diferentes.
- ❑ Herramientas de soporte potentes y económicas.

Las gamas de PIC.

El fabricante Microchip realiza una clasificación en gamas. Cada gama tiene características en común y que la distinguen de las demás.

La gama baja.

La gama baja de los PIC encuadra nueve modelos fundamentales en la actualidad. La memoria de programa puede contener 512, 1 k o 2 k palabras de 12 bits, y ser de tipo ROM, OTP o EPROM. La memoria de datos SRAM puede tener una capacidad comprendida entre 25 y 73 bytes. Sólo disponen de un temporizador (TMR0), un repertorio de 33 instrucciones y un número de terminales para soportar las E/S comprendido entre 12 y 20. Al no disponer de interrupciones, la pila sólo tiene dos niveles de profundidad.

El voltaje de alimentación admite un valor muy flexible comprendido entre 2 y 6,25 voltios, lo cual posibilita el funcionamiento mediante pilas corrientes teniendo en cuenta su bajo consumo, menos de 2 mA a 5 V y 4 Mhz.

La gama media.

En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseen los de la gama baja, haciéndoles más adecuados en las aplicaciones complejas. El repertorio es de 35 instrucciones y la longitud de las instrucciones es de 14 bits. Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertas serie y diversos temporizadores.

Algunos modelos disponen de una memoria de instrucciones del tipo OTP y otros de memoria EEPROM.

El temporizador TMR1 de que dispone esta gama tiene un circuito oscilador que puede trabajar asíncronamente y que puede incrementarse aunque el microcontrolador se halle en el modo de reposo, posibilitando la implementación de un reloj en tiempo real.

Las líneas de E/S de la puerta B presentan unas resistencias de carga *pull-up* activadas por software.

La gama alta.

En la actualidad, esta gama está formada principalmente por tres modelos cuyas características responden a microcontroladores de arquitectura abierta, pudiéndose expansionar hacia el exterior al poder sacar los buses de datos, direcciones y control. Así se pueden configurar sistemas similares a los que utilizan los microprocesadores convencionales, siendo capaces de ampliar su configuración interna, añadiendo nuevos dispositivos de memoria y de E/S externas. Esta facultad obliga a estos componentes a tener un elevado número de terminales comprendido entre 40 y 44.

Admiten interrupciones, poseen puerto serie, varios temporizadores y mayores capacidades de memoria, que alcanza los 8 k palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos. El formato de las instrucciones es de 16 bits y la pila dispone de 16 niveles de profundidad. El repertorio es de 55 o 58 instrucciones según modelo. La frecuencia máxima de funcionamiento es de 25 Mhz, con un ciclo de instrucción de 160 ns.

	Gama baja	Gama media	Gama alta
Arquitectura	Harvard/cerrada	Harvard/cerrada	Harvard/cerrada
Procesador tipo	8bit / RISC	8bit / RISC	8bit / RISC
Segmentación	Si	Si	Si
Máxima frecuencia	20 Mhz ⁽¹⁾	20 Mhz ⁽¹⁾	25 Mhz ⁽¹⁾
Repertorio instrucciones	33	35	55 o 58
Longitud instrucciones	12 bits	14 bits	16 bits
Tipo memoria ROM	O,TP, QTP, SQTP, EPROM	O,TP, QTP, SQTP, EPROM, EEPROM, FLASH	O,TP, QTP, SQTP, EPROM
Tamaño ROM	512 – 2 k	512 – 4 k	2 k – 8 k
Memoria datos SRAM	24 – 73 bytes	31 – 192 bytes	232 – 454 bytes
Memoria datos EEPROM	No	64 bytes ⁽¹⁾	No
Niveles de la pila	2	8	16
Encapsulado	18, 20 o 28 pines	18, 28 o 40 pines	40 o 44 pines
Protección fallo V_{DD}	No	Sí ⁽¹⁾	Sí ⁽¹⁾
Modo de reposo	Sí	Sí	Sí
Interrupciones externas	No	Sí	Sí
Vectores de interrupción	No	1	4
Fuentes de interrupción	0	Hasta 8	11
Perro guardián	Sí	Sí	Sí
Temporizadores	1 de 8 bits	De 1 a 3 de 8 bits	4 de 8/16 bits
Convertidor A/D	No	Sí ⁽¹⁾	Sí ⁽¹⁾
Módulo captura/comparación/PWM	No	Sí ⁽¹⁾	Sí ⁽¹⁾
Puerta serie	No	Sí ⁽¹⁾	Sí ⁽¹⁾
Puerta paralela esclava	No	Sí ⁽¹⁾	Sí ⁽¹⁾
Multiplicador hardware	No	No	Sí
Rango de tensión de alimentación	2 a 6,25 V ⁽¹⁾	2 a 6 V ⁽¹⁾	4,5 a 5,5 V ⁽¹⁾
Precio aproximado	400 – 2.500 pts	750 – 5.900 pts	1.950 – 5.100 pts

(1) Según modelo de la gama.

Tabla B.- Estudio comparativo de las prestaciones más representativas de los microcontroladores PIC16F84 y M68HC11.

	PIC16F84	M68HC11A1
Encapsulado	Plástico, tipo DIP con 18 patas	PLCC con 52 patas y DIP con 48
Frecuencia	10 MHz	8 MHz
Memoria de programa	FLASH, 1K x 14	EEPROM, 512 x 8
Memoria de datos	RAM: 68 x 8 EEPROM: 64 x 8	RAM: 256 x 8
Líneas E/S digitales	13	40
Voltaje de alimentación	2 – 6 Vcc	4.5 – 5.5 Vcc
Convertidor A/D	NO	SÍ
Comunicación serie síncrona y asíncrona	NO	SÍ (SPI y UART)
Comparadores	NO	5
Juego de instrucciones	35	145
Tiempo de ejecución de instrucciones	Todas 1 ciclo de instrucción excepto las de salto 2	De 2 a 41 ciclos
Formato de las instrucciones	14 BITS	DE 1 A 6 BYTES
Precio unitario	600 ptas	600 ptas

5. Diseño de un Snifer:

5.1 Diseño de la estructura externa.

Nuestro microbot va a ser un rastreador, es decir, un robot capaz de seguir una línea negra, el diseño estará adaptado para posibles ampliaciones, con la simple colocación de los sensores necesarios y la descarga del software adecuado se podrán resolver diversos problemas con la misma estructura aquí presentada.

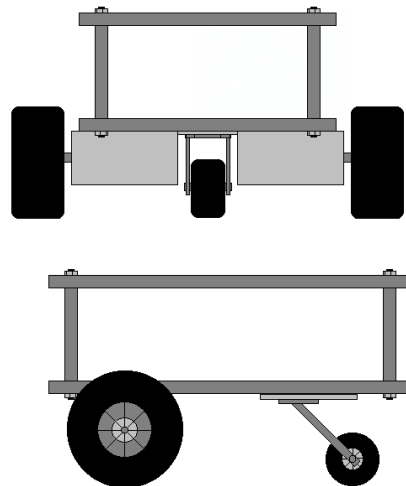
Primero realizaremos el diseño de su estructura externa, hemos pensado en una estructura compuesta por dos placas metálicas de aluminio o baquelita la utilización de tres ruedas y dos motores de corriente continua.

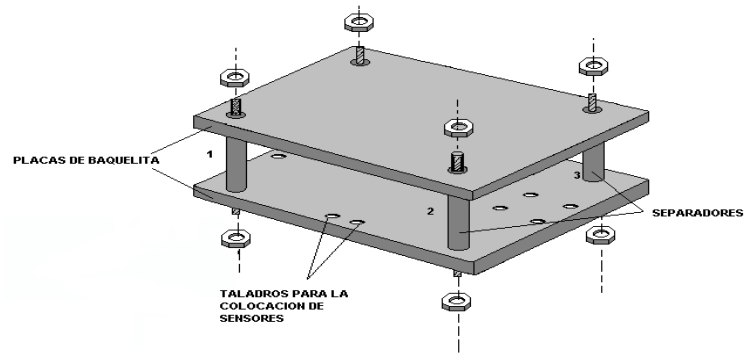
Descripción de la estructura pensada

DIMENSIONES FISICAS	
LARGO (mm) *	150
ANCHO (mm)*	80

*Puede sufrir cambios según necesidades en el diseño

Estructura del chasis.

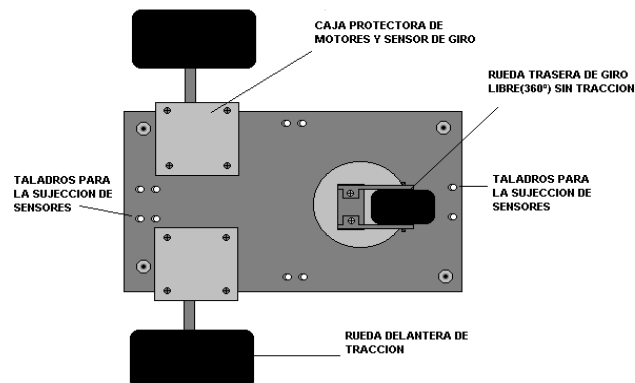




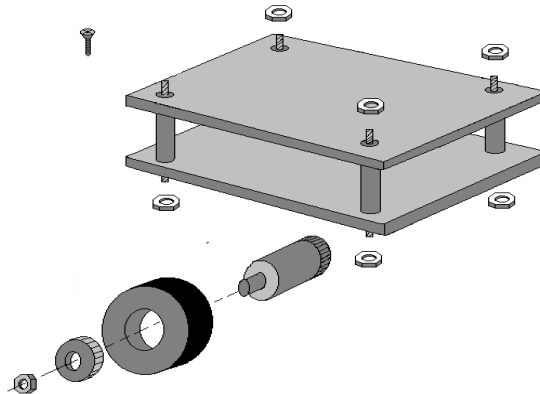
La separación entre placas de aluminio o de baquelita será aproximadamente 20mm mediante unos separados metálicos de métrica 3 con sus respectivos tornillos.

Se realizarán los taladros convenientes sobre las placas.

Utilizaremos tres ruedas. Dos serán las traseras de tracción que son movidas por los motores y una rueda trasera de giro libre, como vemos en la figura:

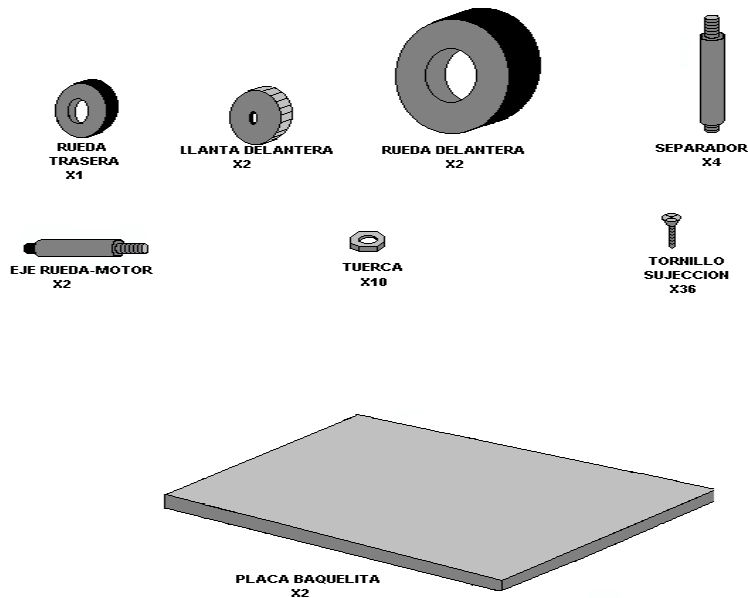


Como se puede apreciar toda la estructura queda sujeta a la placa mediante tornillos de métrica tres.



La placa superior esta ideada para ubicar en ella toda la parte electrónica y la parte inferior para la colocación de la electrónica que compone el sensor , la separación que existe entre las dos placas esta pensada para la colocación de las baterías (pudiendo colocar una batería de 9V para la activación de la parte de control y los motores)

DESPIECE DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

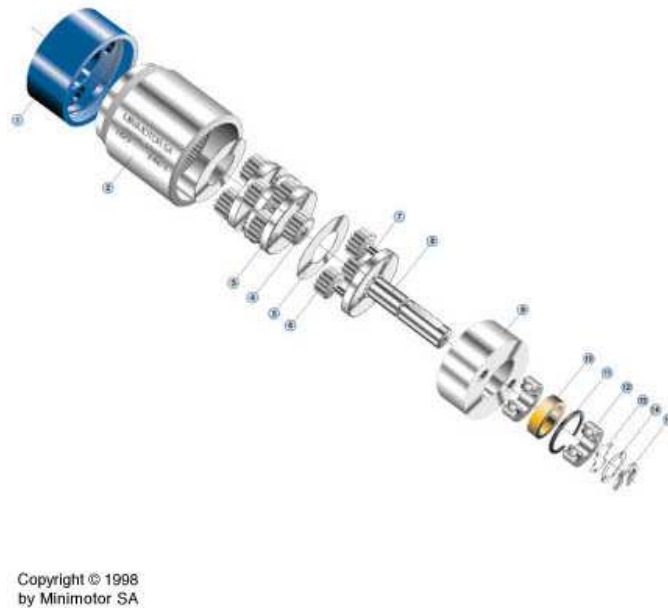


Los motores elegidos serán unos Faulhaber de la serie S3003 con sus reductores correspondientes, las características técnicas de los motores son las siguientes:

Tensión alimentación	5-12 V
Tamaño	40.4x19.8x36mm
Peso aprox. del conjunto	37.2g

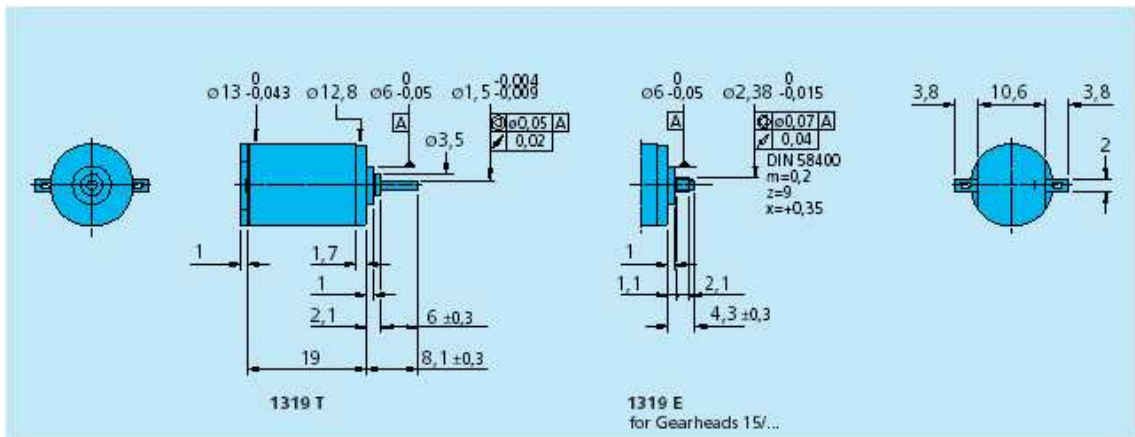
Teniendo un par de fuerza de 3.2Kg/cm.

Reductores para motores DC de faulhaber



Descripción
1 Flangia motor
2 Caja
3 Soporte satelite
4 Piñon solar
5 Arandela
6 Rueda satelite
7 Perno
8 Eje de salida
9 Tapa
10 Distancial
11 Anillo de seguridad
12 Cojinete de bola
13 Arandella elástica
14 Arandela
15 Anillo de seguridad

Dimensiones del motor



También podemos colocar un sensor opcional ,óptico próximo a la rueda izquierda por la parte interna para detectar el numero de vueltas que da la rueda, y poder determinar el desplazamiento del microbot.



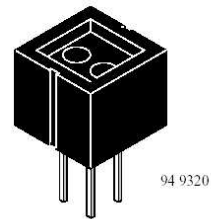
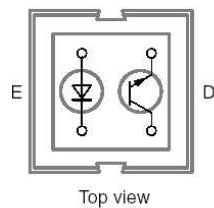
Copyright © 1998
by Minimotor SA

5.2 DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE

El hardware será realizado en dos placas de circuito impreso una situada en la parte inferior y cuyo único fin será el de contener el actuador externo CNY70 , y otra que contiene todo el sistema de control situada en la parte superior.

Los CNY70 es un sensor ópticos de rayos infrarrojos por reflexión que asociados al correspondiente circuito eléctrico proporcionan diferentes niveles de tensión de manera que no sólo permiten diferenciar entre blanco y negro, sino también se podría diferenciar entre diferentes tonalidades de gris, en el mismo sensor viene integrado el emisor y el receptor. El fabricante recomienda una distancia de uso de 3mm. Gracias a un circuito basado en un comparador se puede separar mas ajustando un potenciómetro. Este circuito (uno para cada sensor) lo conectaremos directamente a una línea E/S del micro.

Sensor CNY70



CARACTERÍSTICAS:

Input (Emitter)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Reverse voltage		V_R	5	V
Forward current		I_F	50	mA
Forward surge current	$t_p \leq 10 \mu s$	I_{ESM}	3	A
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_V	100	mW
Junction temperature		T_j	100	$^\circ C$

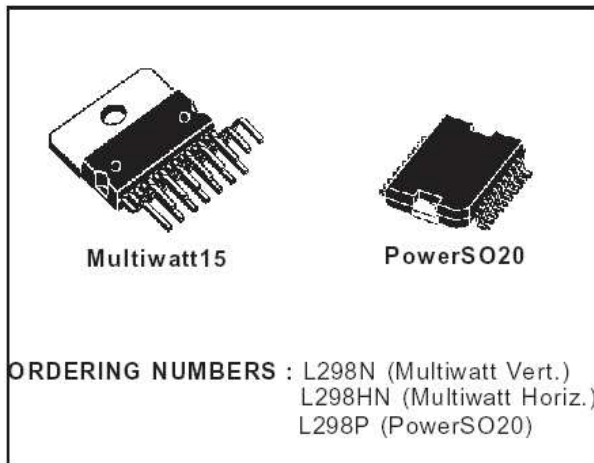
Output (Detector)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Collector emitter voltage		V_{CEO}	32	V
Emitter collector voltage		V_{ECO}	7	V
Collector current		I_C	50	mA
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_V	100	mW
Junction temperature		T_j	100	$^\circ C$

Coupler

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_{tot}	200	mW
Ambient temperature range		T_{amb}	-55 to +85	$^\circ C$
Storage temperature range		T_{sta}	-55 to +100	$^\circ C$
Soldering temperature	2 mm from case, $t \leq 5 s$	T_{sd}	260	$^\circ C$

Para el control de los motores utilizaremos un puente en H integrado el L298 que soporta hasta 3A de corriente continua como nos indica el fabricante conectaremos a la salida para evitar picos unos diodos de protección 1N4007

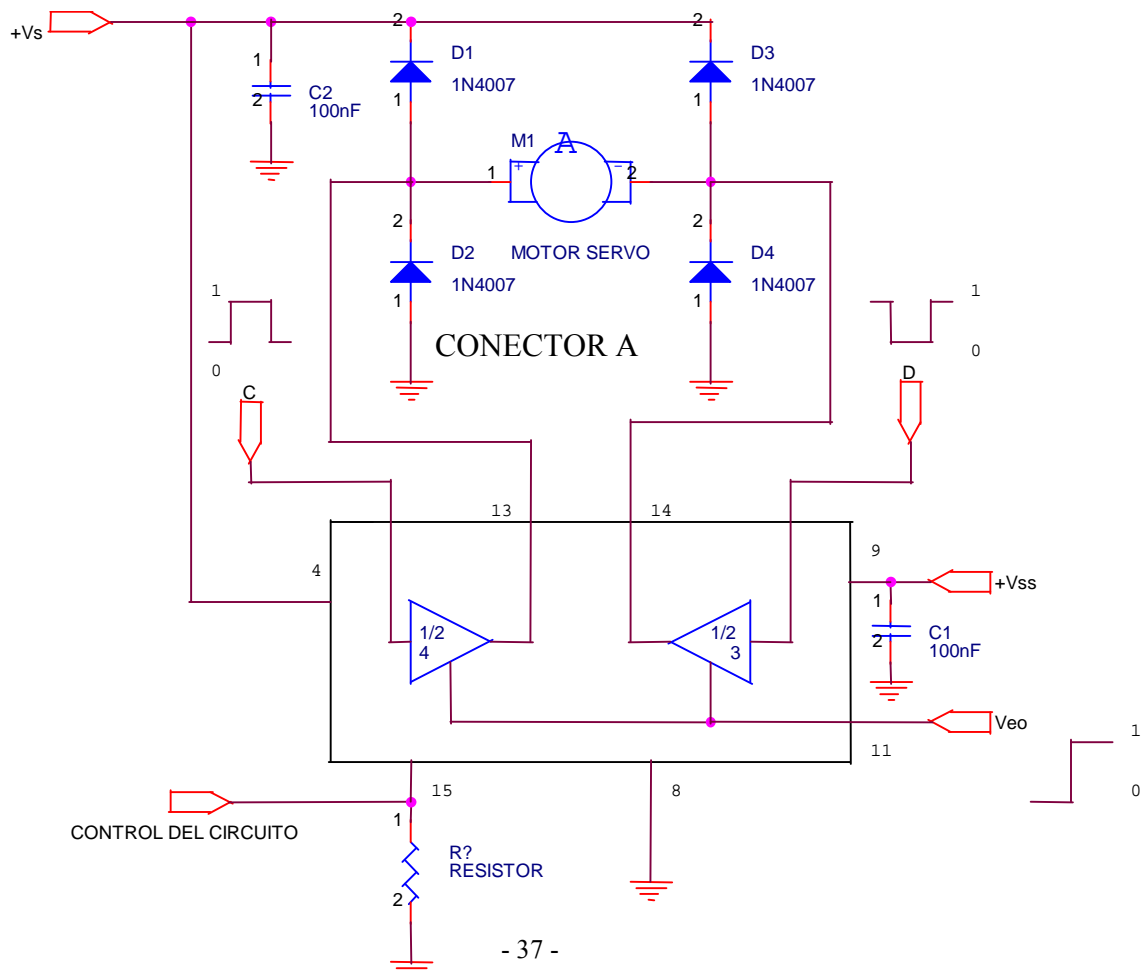


L298 Características:

Soporto un máximo de 4A
Voltaje de trabajo hasta 46 V
Voltaje de saturación bajo
Protección contra altas
temperaturas.
Alta inmunidad al ruido

DISEÑO DEL CONTROL BIDIRECCIONAL DEL MOTOR

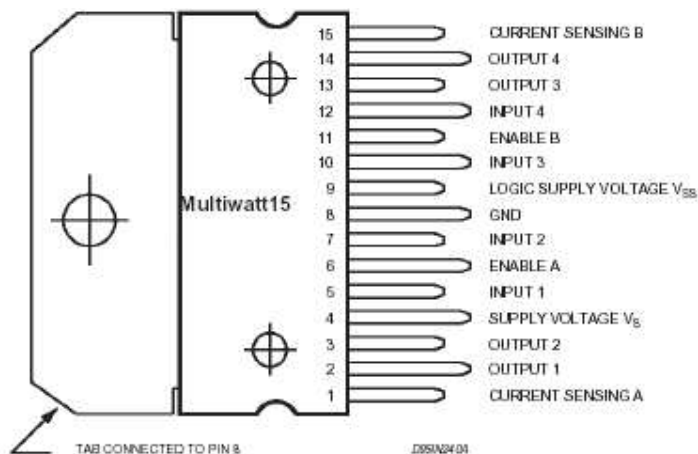
Esquema de control:



INPUTS		FUNCION
Veo=H	C= H; D=L	Movimiento adelante
	C=L; D=H	Movimiento atrás
	C=D	Motor parado
Veo=L	C=X; D=X	No utilizado

H= nivel alto (1) L=nivel Bajo (0)
X= no afecta el nivel al que este en el circuito

Control del circuito: entre este pin del circuito L298 y tierra se conecta una resistencia que controla la corriente de carga.



CARACTERISTICAS

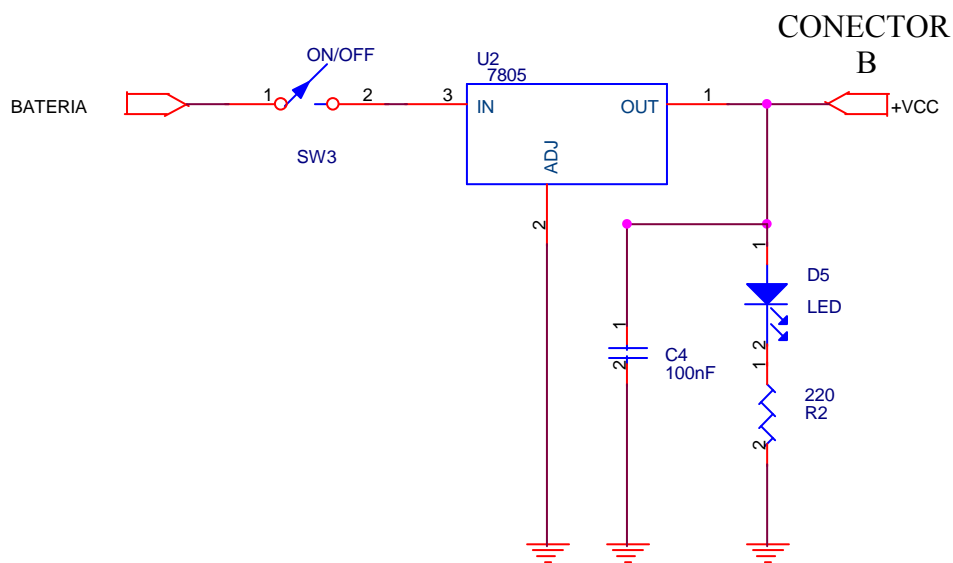
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Power Supply	50	V
V_{ss}	Logic Supply Voltage	7	V
V_i, V_{en}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ($t = 100\mu s$)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$)	2.5	A
	- DC Operation	2	A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación tiene que proporcionar una tensión de corriente continua de +5V con la que funcionaran las diferentes partes de nuestro diseño, el PIC y todo el circuito electrónico auxiliar:

La fuente de alimentación estará incluida dentro de nuestra placa de control

- Esquema de la fuente de alimentación:



Utilizaremos un estabilizador de tensión 7805 que nos proporciona una tensión estabilizada de 5Vcc y un led indicador del funcionamiento y estado de la batería.

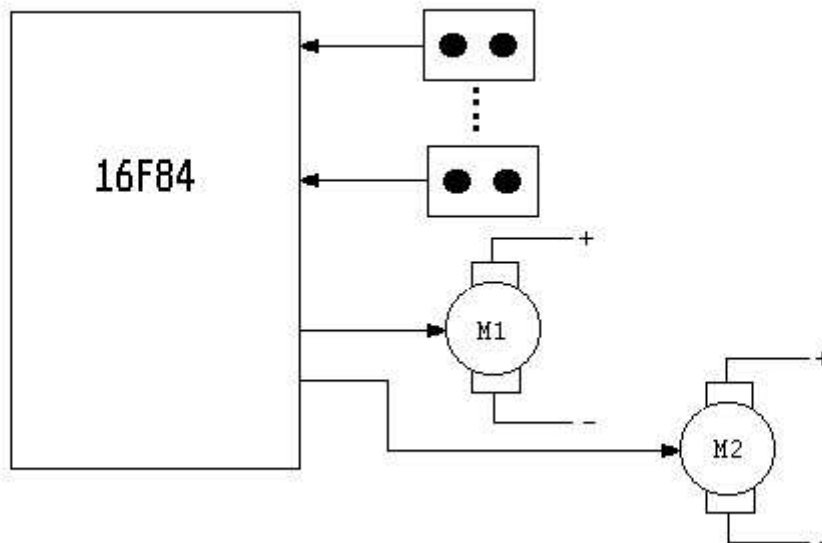
ELECCIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL DEL SISTEMA

Como elemento de control del sistema se ha elegido el microcontrolador 16F84 de Microchip por su sencillez de programación y versatilidad con el tendremos suficiente para desarrollar nuestra aplicación.

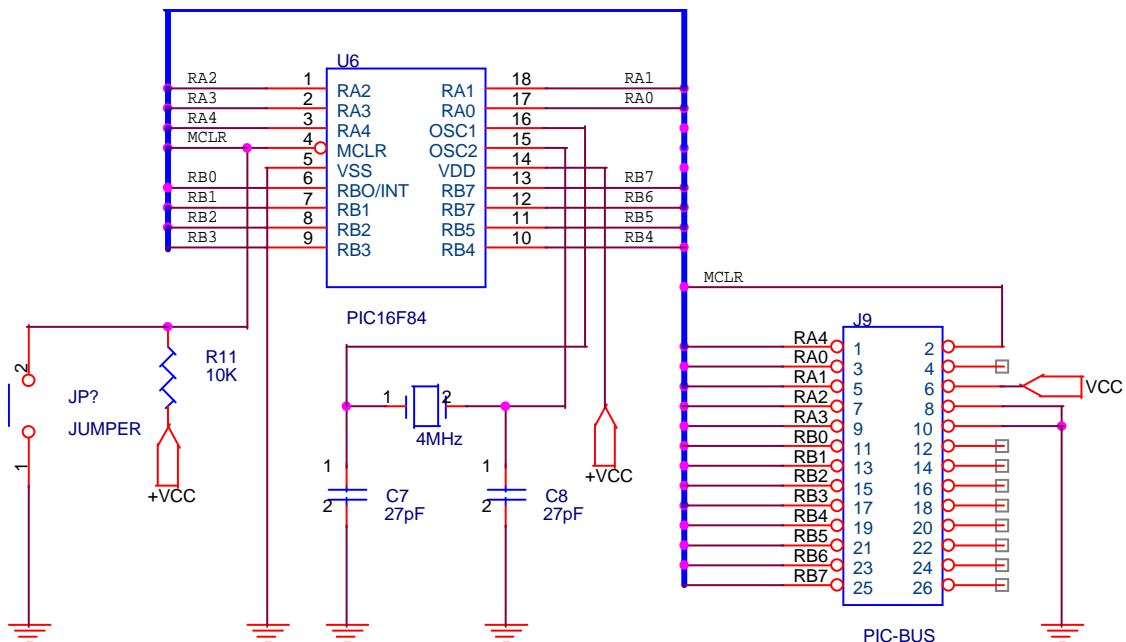
Este micro que implementa 2 puertos de entrada y salida y 1Kbyte de memoria EEPROM, es más que suficiente para gobernar el microbot. Se han tomado los puertos de E/S para recibir la información de los actuadores externos, los cuales enviarán los niveles lógicos “0” ó “1” dependiendo de que su lectura se efectuada sobre blanco o negro, esta información será procesada para determinar las órdenes que deben enviarse a los servomotores, estas órdenes saldrán a través de otras dos líneas de entrada salida del puerto A. Se debe recordar que los servomotor disponen de tres líneas, dos para alimentación (+ -) y una tercera para el control de giro.

Diferente manera de disposición de elementos:

DISPOSICION DE LOS ELEMENTOS



Esquema del conexionado del PIC16F84



Mediante el cristal Y1 y los condensadores C7 y C8 generaremos una frecuencia de trabajo de 4Mhz para el pic.

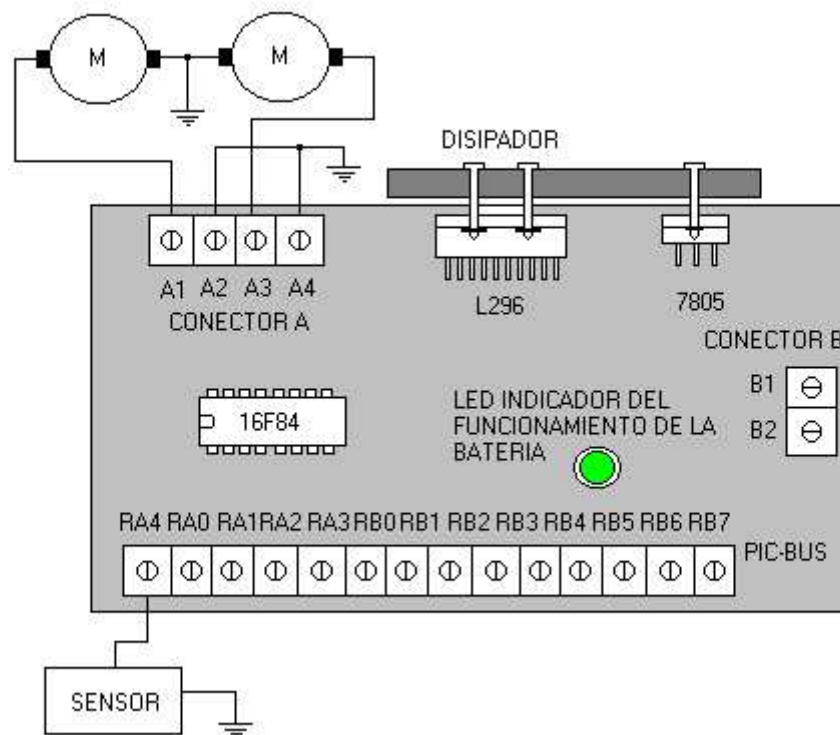
La iniciación manual del sistema, la realizaremos mediante el circuito de RESET, que está formado por el pulsador y la resistencia R11 de 10K.

Mediante el pic-bus y el software compatible, podremos acceder a todas las señales del Pic para conexasionarlas con los diferente elementos de nuestro microbot, pudiendo modificar cualquier tipo de periféricos y también permitiéndonos acceder, modificar o grabar diferente programas o modificaciones en el Pic sin necesidad de extraer el pic de nuestra tarjeta controladora.

CONEXIONES DE LOS MOTORES Y DE LOS SENSORES

La conexión propuesta queda marcada en la figura siguiente, los sensores inferiores de trayectoria, los bumpers de colisión y el de reflexión para el giro de la rueda es la siguiente con la placa de control:

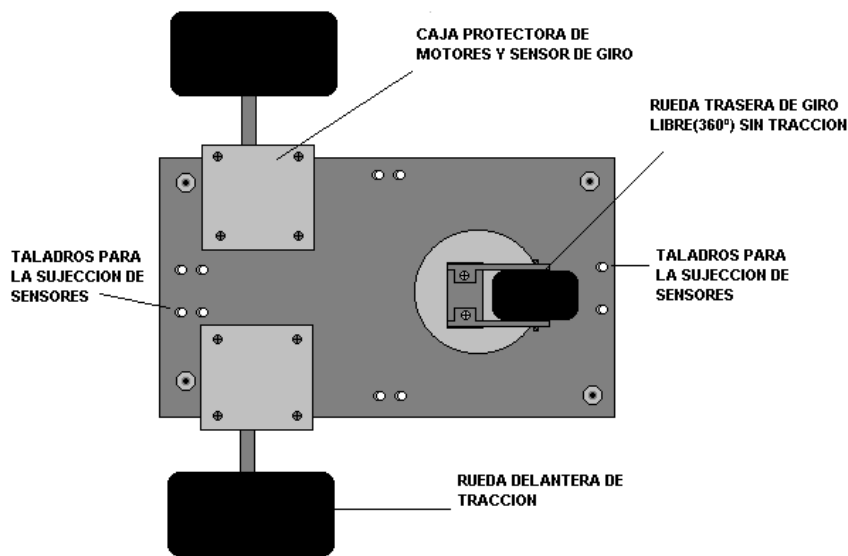
Esquema de la conexión de los elementos en la placa de control:



- Sensor CNY70 al PIC-BUS, conector RA4 detecta si se desvía hacia la derecha de la trayectoria marcada o hacia la izquierda.

- La batería al conector B, B1 sería el borne positivo (+) y B2 sería el borne negativo (-).
- Los motores al conector A.
 - Características:
 - A1 Borna del motor derecha positivo
 - A2 Borna del motor derecha masa
 - A3 Borna del motor izquierda positivo
 - A4 Borna del motor izquierda masa
- RA1-RA4 y RB0-RB7: Para ampliaciones

Esquema explicativo de la conexión de los diferentes elementos en la estructura del microbot.



POSIBILIDAD DE AMPLIACIONES DEL DISEÑO

Nuestro diseño no se verá limitado solo a la aplicación aquí dicha, sino con la simple colocación de los sensores necesarios y la descarga en la placa de control del programa pertinente siempre se podrá realizar otra aplicación con nuestro microbot.

Ejemplo:

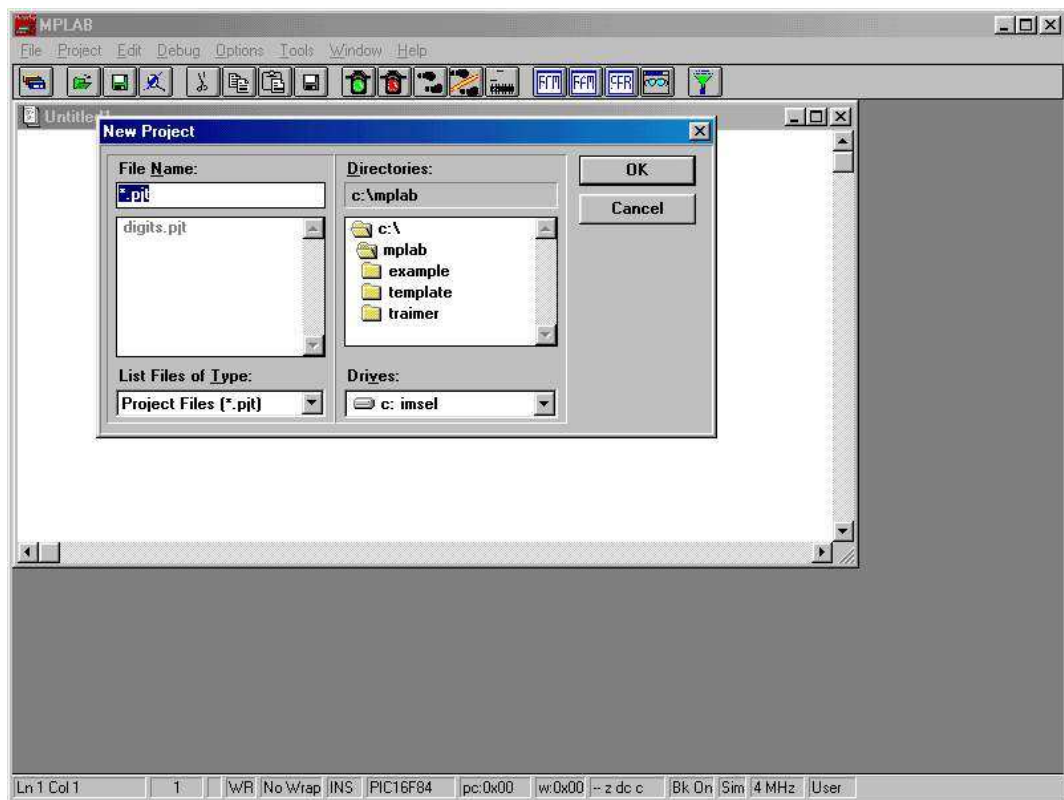
- Podremos colocarle un bumper delantero derecho y izquierdo que detectaría la colisión delantera derecha, pudiendo ser ambos sensores, sensores de final de carrera.

- También podríamos contemplar la colocación de un sensor de reflexión de giro de rueda, que nos detectaría el número de vueltas que gira la rueda, pudiéndose contar con el TMR0 del PIC en modo contador.

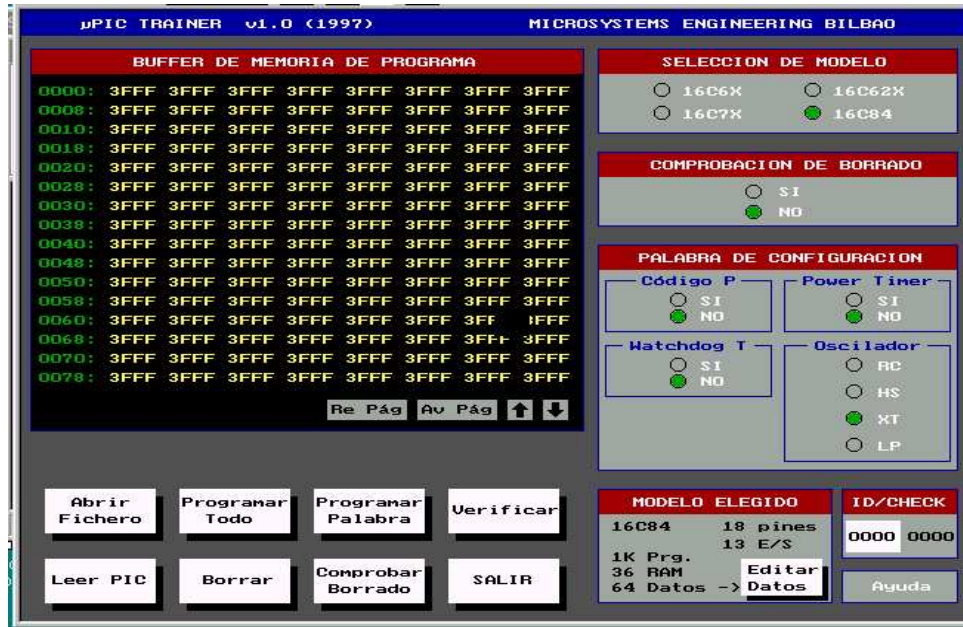
SOFTWARE Y ORGANIGRAMA DE CONTROL

El software desarrollado es doble: por una parte el programa de control del microbot, y por otra el programa que permite descargar un fichero de datos desde el PC hasta el microbot si es necesario también utilizaremos un simulador ‘simupic’ para simular el funcionamiento nuestro programa desarrollado.

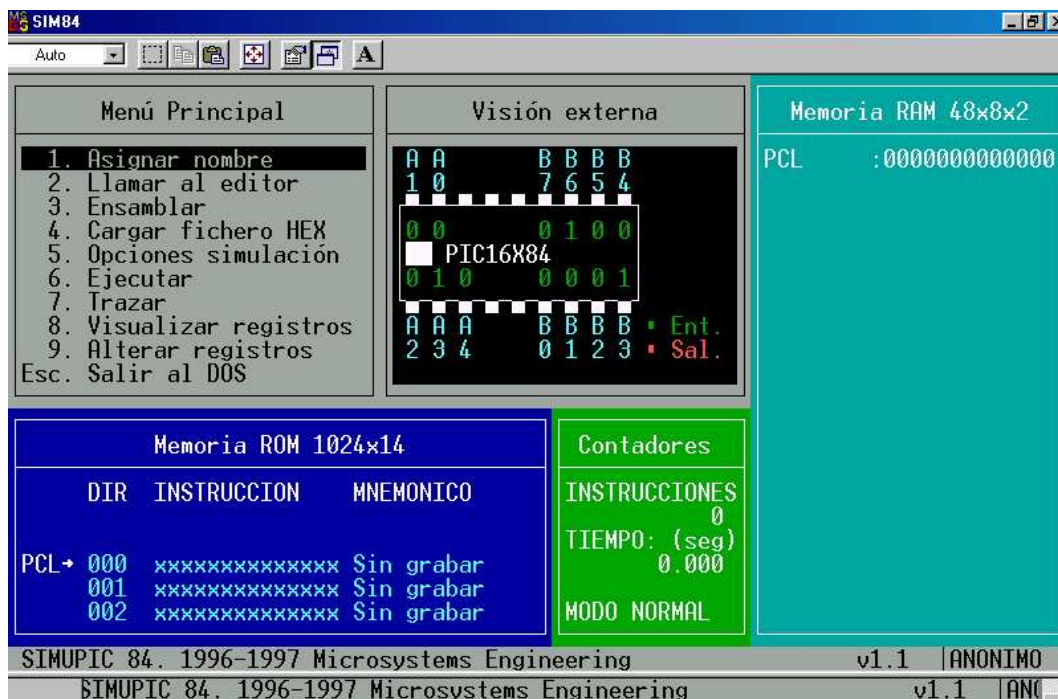
El programa de control del microbot se confecciona mediante el paquete MPLAB de Microchip, el cual permite además ensamblar el código fuente, simular la ejecución del programa, depurarlo y realizar medidas de tiempo real de ejecución. Editor MPLAB de Microchip.



Una vez ensamblado el código fuente, se obtiene un fichero .HEX listo para ser transferido al PIC. Para ello emplearemos el MICROPIC-TRAINER micropic trainer.



las herramientas para la simulación: SIMUPIC

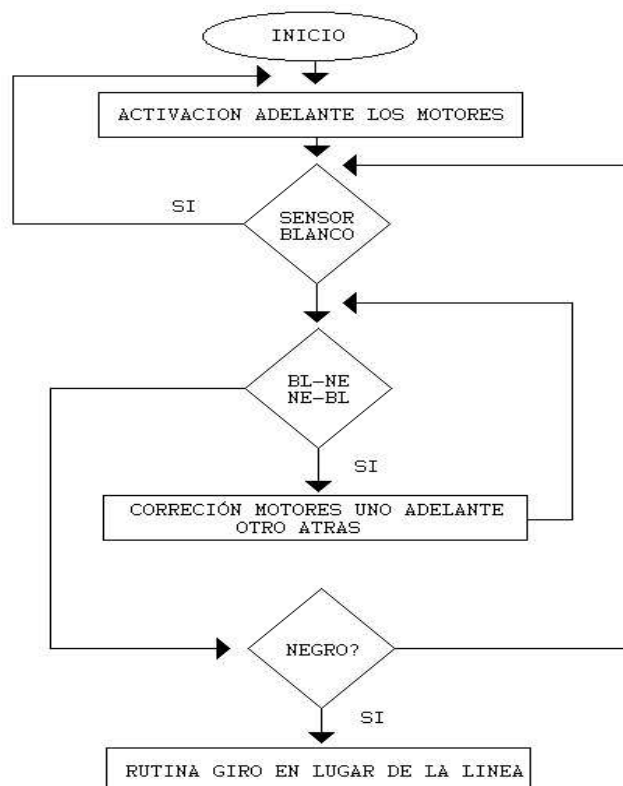


Consiste en una tarjeta en la que se inserta para su programación el microcontrolador y el software PICME_TR, ambos de Microsystem Engineering.

PROGRAMA DE CONTROL DEL ROBOT

El programa de control del microbot consta de subrutinas. La más importantes se comentarán a continuación:

- Rutina de inicio: es lo primero que se ejecuta cuando se conecta el robot. Como resultado se inicializa la memoria de datos de la RAM y se configuran los puertos en entrada y salida, según convenga. Además se fijan algunos valores como la velocidad izquierda y derecha la anchura de la señal PWM,...
- Los algoritmos de control responden a un programa donde en todo momento se está actuando sobre el giro de los motores, según las características de nuestro motor. Entonces en función de cómo se hallen determinaremos el seguimiento de la línea principal. Por otro lado se establecen subrutinas de actuación sobre el funcionamiento siempre que se detecte línea de camino más corto por los actuadores exteriores o bifurcación.



BIBLIOGRAFÍA:

“MICROCONTROLADORES PIC, diseño practico de aplicaciones”

Autores: JMª Angulo, I Angulo

Editorial: Mc Graw Hill

Internet:

<http://www.microchip.com>

<http://www.arrakis.es///msyseng>

<http://www.parallaxinc.com>

<http://www.itutech.com>

<http://www.sagiton.es>

[http://www. Todorobot.com](http://www.Todorobot.com)

<http://www.microcontroladores.com>

<http://www.redeweb.com/microbit/>

http://cherokee.iespana.es/cherokee/Microbotica_pcbot2.htm

<http://www.microbotica.es>

<http://www.galeon.com/iburol/microrobotica.html>

<http://www.robotsoft.org/>

<http://www.sia.eui.upm.es/~jdlope/robotica>

<http://www.arrakis.es/~cruiz/>